

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-063948

(43)Date of publication of application : 07.03.1997

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

(21)Application number : 07-242314

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 29.08.1995

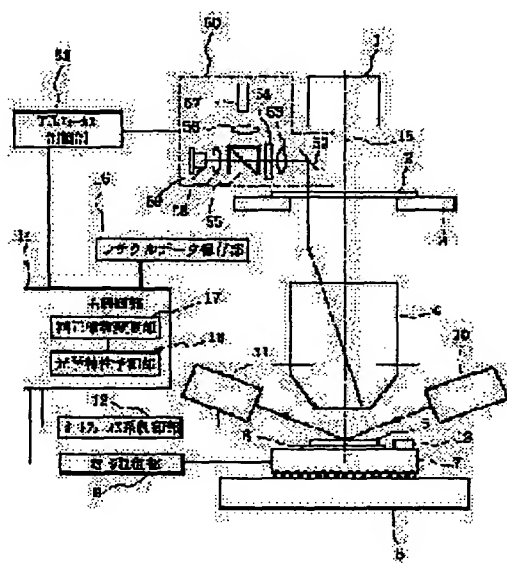
(72)Inventor : TAKAHASHI KAZUHIRO

(54) PROJECTION ALIGNER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To predict accurately and correct the amount of fluctuation of the optical characteristics of a projection optical system by a method wherein correction coefficients, which are changed, are preserved as data in every reticle and the amount of fluctuation of the optical characteristics is predicted using the preserved correction coefficients in every reticle.

SOLUTION: The face of the focus of a projection optical system 4 is measured by a TTL focus system 50 and a correction coefficient D_a in every reticle is corrected. When an exposure of one lot component ends, a reticle 2 is housed in a reticle cassette. At this time, the newest correction coefficient D_a used in an optical characteristic prediction part 18 is simultaneously preserved in a reticle data preservation part 16 as data to correspond to the reticle 2. Then, in the case where an exposure is performed using the same reticle, the newest correction coefficient D_a is used. In such a way, as the correction coefficients in a predictive calculation are held so that they are preserved and used in every reticle, the accuracy of the predictive calculation can be enhanced.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

Publication No. 09-063948

【0022】

Upon exposure as described above, a part of light energy
5 being incident into a projection optical system 4 is absorbed
into an optical element of the projection optical system 4.
Since the temperature of the optical element rises, optical
characteristics of the projection optical system 4 fluctuate
according to the exposure. A main control part 14 predicts
10 a fluctuation amount of the optical characteristics, using
an optical characteristic prediction part 18, and sends an
offset corresponding to the predicted value to an autofocus
control part 12 based on the prediction result. Thus a stage
control part 9 controls a surface of wafer 5 so that the wafer
15 5 is constantly located at the focusing position of the
projection optical system 4. The main control part 14 obtains
parameters to calculate the fluctuation amount. The
parameters are an open/close time of a shutter of an illumination
system 1 not shown in Figs., i.e., an exposure time t , a time
20 interval between each exposure t' , an illumination area of
the illumination system 1, an illuminance, a light amount QD
to be calculated by a transmittance of a reticle 2, a coefficient
 Da peculiar to each reticle, and the like.

25 【0023】

An optical characteristic prediction part 18 predicts
a fluctuation of the optical characteristics based on the
parameters and a coefficient which is set peculiar to an

apparatus, while exposure is performed repeatedly. As an example, a calculation to obtain a focusing position fluctuation ΔF of the projection optical system 4 is explained as follows. Equation 1 is used for the calculation.

5

【0024】

【Equation 1】

$$\Delta F = \Delta F_1 + \Delta F_2 \quad \textcircled{1}$$

$$\Delta F_1 = SF \cdot QD \cdot Da \cdot DT \quad \textcircled{2}$$

$$10 \quad \Delta F_2 = -\Delta F' \cdot \exp(-k_F \cdot t) \quad \textcircled{3}$$

In the above equation, SF is a proportionality constant, QD is a parameter corresponding to a total amount of a light transmitted through a circuit pattern, Da is a correction coefficient peculiar to each reticle stored in a reticle data storage part 16, DT is a ratio of a time when a shutter is opened to an unit time of the calculation, and K_F is a parameter indicating a thermal conductivity of the projection optical system 4. $\Delta F'$ is a fluctuation amount of a focusing position of the projection optical system 4 calculated during a preceding unit time. ΔF_1 is a fluctuation amount per unit time of a focusing surface caused by a thermal absorption of the projection optical system 4, and ΔF_2 is a fluctuation amount per unit time of a focusing surface caused by radiation of the projection optical system 4. In addition, ΔF_2 may represent a linear combination of plural terms.

25

【0042】

【EFFECT OF THE INVENTION】

According to the present invention as described above, when exposure is performed repeatedly and when optical characteristics fluctuate due to an absorption of a part of an exposure light by a projection optical system, it is possible to correct an error between a prediction calculation for each reticle and an actual optical characteristics due to a difference in a transmittance distribution of a reticle and a difference in a diffraction light distribution. In such a case, a correction coefficient used for the prediction calculation is stored in and used for each reticle, and accordingly the accuracy of the prediction calculation can be improved.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-63948

(43) 公開日 平成9年(1997)3月7日

(51) Int.Cl.⁸

H 0 1 L 21/027

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 L 21/30

技術表示箇所

5 0 2 G

5 1 6 B

5 1 6 C

5 2 5 A

5 2 5 N

審査請求 未請求 請求項の数 7 F D (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願平7-242314

(22) 出願日

平成7年(1995)8月29日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 高橋 和弘

神奈川県川崎市中原区今井上町53番地キヤ
ノン株式会社小杉事業所内

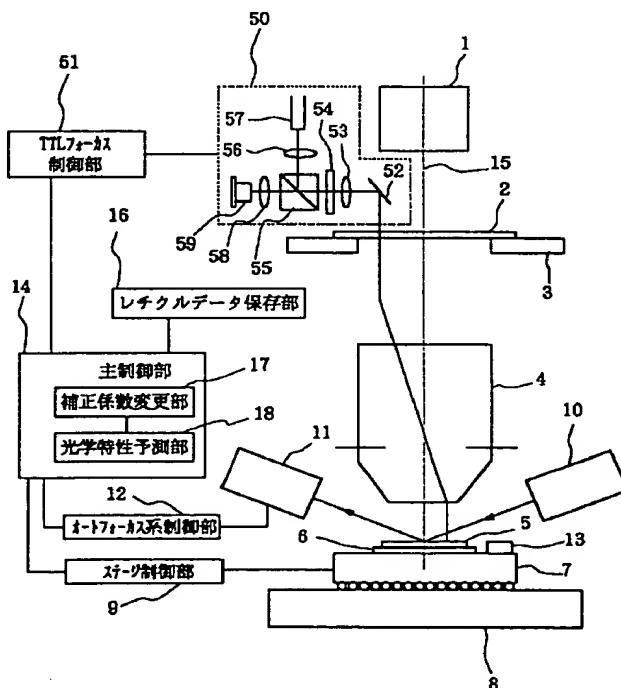
(74) 代理人 弁理士 伊東 哲也 (外1名)

(54) 【発明の名称】 投影露光装置

(57) 【要約】

【課題】 投影光学系の光学特性の変動量を正確に予測し補正することができる投影露光装置を提供する。

【解決手段】 露光光で照明されるレチクル2のパターンを被露光基板5上に投影する投影光学系4、この投影により投影光学系に生じる光学特性の変動量を所定の補正係数を含む計算式に基づいて予測する光学特性予測手段18、光学特性予測手段の予測結果に応じて光学特性を補正する光学特性補正手段51、光学特性の変動量を測定する光学特性測定手段50、および光学特性測定手段の測定結果に応じて補正係数を変更する補正係数変更手段17を有する投影露光装置において、補正係数変更手段によって変更される補正係数をレチクル毎のデータとして保存するデータ保存手段16を有し、光学特性予測手段はデータ保存手段に保存されたレチクル毎の補正係数を用いて光学特性の変動量の予測を行う。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 露光光で照明されるレチクルのパターンを被露光基板上に投影する投影光学系、この投影により前記投影光学系に生じる光学特性の変動量を所定の補正係数を含む計算式に基づいて予測する光学特性予測手段、前記光学特性予測手段の予測結果に応じて前記光学特性を補正する光学特性補正手段、前記光学特性の変動量を測定する光学特性測定手段、および前記光学特性測定手段の測定結果に応じて前記補正係数を変更する補正係数変更手段を有する投影露光装置において、前記補正係数変更手段によって変更される補正係数をレチクル毎のデータとして保存するデータ保存手段を有し、前記光学特性予測手段は前記データ保存手段に保存されたレチクル毎の補正係数を用いて前記光学特性の変動量の予測を行うことを特徴とする投影露光装置。

【請求項 2】 前記光学特性測定手段は、前記投影光学系の光学特性測定を、前記光学特性予測手段によって予測された前記投影光学系の光学特性の変動量の変化がある所定の値を越えた場合に行うものであることを特徴とする請求項 1 記載の投影露光装置。

【請求項 3】 前記光学特性補正手段は、前記被露光基板を前記投影光学系の光軸と平行な方向に移動させることにより前記投影光学系の結像面と前記被露光基板の表面とを一致させるものであることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の投影露光装置。

【請求項 4】 前記光学特性補正手段は、前記投影光学系の結像状態を調整する調整手段を有し、前記調整手段により前記投影光学系の光学特性の変動を補正するものであることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の投影露光装置。

【請求項 5】 前記調整手段は、前記投影光学系の焦点距離を変えることにより前記投影光学系の結像面を調整し、前記結像面と前記被露光基板の表面とを一致させることを特徴する請求項 4 記載の投影露光装置。

【請求項 6】 前記調整手段は、前記レチクルまたは前記投影光学系のレンズを光軸と平行な方向に移動させることにより前記投影光学系の投影倍率を調整することを特徴とする請求項 4 記載の投影露光装置。

【請求項 7】 前記調整手段は、前記投影光学系の焦点距離を変えることによって前記投影光学系の投影倍率を調整することを特徴とする請求項 4～6 記載の投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、IC、LSI等の半導体デバイスやCCD等の撮像デバイスや液晶パネル等の表示デバイスや磁気ヘッド等のデバイスを製造する工程のうち、リソグラフィ工程に使用される投影露光装置に関するものである。

【0002】

2

【従来の技術】 従来のIC、LSI等の半導体デバイス製造用の投影露光装置は、投影露光を繰り返す時に投影光学系が露光光のエネルギーの一部を吸収して過熱されたり、その後放熱したりするために生じる投影光学系の結像面の位置の変動量や投影倍率の変動量を、投影光学系固有の定数に加え、レチクルパターンを通過する光の総和量と露光に要する時間をパラメータとした計算式を用いて予測し、これらの変動量を補正するようにウエハステージ駆動、投影光学系のレンズ駆動およびレンズ間の圧力制御を行っている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、レチクルパターンを通過する光の総和が同じでも、パターンの種類が異なるレチクルを用いる場合、位相シフトレチクルを用いる場合、および照明系の斜入射照明方法を使用する場合においては、光学特性の変動具合が異なり、従来の計算式を用いた方法では投影光学系の結像面位置や投影倍率等の光学特性の変動量を正確に予測し補正できないことが判明した。この原因は、前記各場合において、投影光学系の光学素子の光量分布が異なり、投影光学系の温度分布が変わることにある。

【0004】 また、投影光学系の光学特性の変動量が予測からずれた場合の補正方法としては、特開昭63-58349号公報に開示されているように、光学特性の変動量を直接測定して補正計算式のパラメータを変更する方法もあるが、レチクルパターンの種類の違いによるパラメータの違いは、光学特性の変動量を実際に測定するまで解らず、測定を行うまでの間に光学特性の変動量が予測値とずれるという問題がある。

【0005】 本発明の目的は、このような従来技術の問題点に鑑み、投影光学系の光学特性の変動量を正確に予測し補正することができる投影露光装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】 この目的を達成するため、本発明の投影露光装置は、露光光で照明されるレチクルのパターンを被露光基板上に投影する投影光学系、この投影により投影光学系に生じる光学特性の変動量を所定の補正係数を含む計算式に基づいて予測する光学特性予測手段、光学特性予測手段の予測結果に応じて光学特性を補正する光学特性補正手段、光学特性の変動量を測定する光学特性測定手段、および光学特性測定手段の測定結果に応じて補正係数を変更する補正係数変更手段を有する投影露光装置において、補正係数変更手段によって変更される補正係数をレチクル毎のデータとして保存するデータ保存手段を有し、光学特性予測手段はデータ保存手段に保存されたレチクル毎の補正係数を用いて光学特性の変動量の予測を行うことを特徴とする。

【0007】 また、光学特性測定手段は、投影光学系の光学特性測定を、光学特性予測手段によって予測された

投影光学系の光学特性の変動量の変化がある所定の値を越えた場合に行うものであることを特徴とする。

【0008】また、光学特性補正手段は、被露光基板を投影光学系の光軸と平行な方向に移動させることにより投影光学系の結像面と被露光基板の表面とを一致させるものであることを特徴とする。

【0009】また、光学特性補正手段は、投影光学系の結像状態を調整する調整手段を有し、調整手段により投影光学系の光学特性の変動を補正するものであることを特徴とする。

【0010】さらに、光学特性補正手段には、投影光学系の結像状態を調整する調整手段を有し、調整手段により投影光学系によるレチクルパターンの結像面の変動量と投影倍率の変動量の少なくとも一方を調整する形態がある。

【0011】

【作用】この構成において、あるレチクルを用いて露光を行うと、露光光等の影響により、投影光学系の光学特性が次第に変化するが、この光学特性の変動は、光学特性補正手段により、光学特性予測手段の予測結果に基づいて補正される。また、光学特性予測手段における予測の基礎となる計算式を含む補正係数が光学特性測定手段による実際の光学特性に基づいて補正され、それにより、レチクルの種類の相違等に基づく予測精度の劣化が防止される。さらに、この補正された補正係数は、そのとき使用しているレチクル固有の値として保存されるときにも、またそのレチクルを使用するときにもその補正係数が使用される。したがって、一旦、補正係数が保存されたレチクルを使用するときには、露光開始後に所定時間が経過してから光学特性の変動量を実際に測定するまでの間においても、保存されている補正係数により、光学特性の変動の正確な予測とその補正が行われ、光学特性が一定に維持される。

【0012】

【実施例】図1は、本発明の一実施例に係る投影露光装置の構成を示す図である。同図において、1は照明系、2はデバイスパターンが形成されたレチクル、3はレチクルステージ、4はレチクル2のデバイスパターンを縮小投影する投影光学系、5はデバイスパターンが投影され転写されるウエハ、6はウエハ5を保持するウエハチャック、7はウエハチャック6を保持し、光軸15と直交する平面内に沿って2次元的に動くとともに、光軸15の方向にも移動可能なXYZステージ、8は投影光学系4やXYZステージ7が置かれる定盤、9はXYZステージ7の動作を制御するステージ制御部である。10および11はウエハ5の表面の光軸15方向に関する位置（高さ）を検出するオートフォーカス検出系、10はウエハ5を照明する照明装置、11はウエハ5の表面からの反射光を受け、ウエハ5の表面の光軸15方向に関する位置に応じた信号を出力する受光装置、12はオー

トフォーカス系の制御部である。13は基準平面ミラーであり、表面の高さはウエハ5の高さとほぼ一致している。50は投影光学系4の結像位置（ベストフォーカス位置）を投影光学系4を介して検出するTTLフォーカス検出系、51はTTLフォーカス系50の制御部である。14は装置全体の働きを制御する主制御部であり、投影光学系4の光学特性の変動を予測する光学特性予測部18と、TTLフォーカス系50のピント面の計測値から予測計算の係数を変更する補正係数変更部17とを含んでいる。16はレチクル2に関するパラメータが保存されているレチクルデータ保存部である。

【0013】TTLフォーカス系50においては、不図示の光源から発せられた照明光束が導光用のファイバ57によって導かれ、ファイバ57の射出面から出射する。この照明光の波長は照明系1から出射される露光光とほぼ同じ波長である。ファイバ57から出射した光束はレンズ56でほぼ平行光に集光され、偏光ビームスプリッタ55でS偏光成分のみの光が反射し、 $\lambda/4$ 板54で円偏光の光束に変換された後、対物レンズ53、折り曲げミラー52を通り、レチクル2面上に設けられた不図示の測定用のパターンを含むその近傍を照明する。

【0014】この照明光は、レチクル2の測定用パターンを通過し、投影光学系4を介して基準平面ミラー13の反射面で反射され、再び投影光学系4とレチクル2の測定パターンの透過部を透過する。この光束は折り曲げミラー52によって光路が曲げられた後、対物レンズ53でほぼ平行光にされ、 $\lambda/4$ 板54を通過することでP偏光の光束に変換され、偏光ビームスプリッタ55を通過しレンズ58で集光され、そして受光素子59の受光面に入射され、入射光量が検出される。

【0015】次に、TTLフォーカス系50による、投影光学系4のピント面の計測方法を図2を用いて説明する。図2において、21はレチクル2上に形成され、遮光性を有するパターン部、22はパターン部21に挟まれた透過部である。ここで、投影光学系4のピント位置の検出を行う時は、XYZステージ7は投影光学系4の光軸方向に移動する。基準平面ミラー13は投影光学系4の光軸上に位置している。

【0016】図2aは、基準平面ミラー13の反射面が投影光学系4のピント面にある場合を示している。同図において、レチクル2上の透過部22を通ったTTLフォーカス系50からの照明光は、投影光学系4を介して基準平面ミラー13の反射面に集光し反射される。反射された照明光は往路と同一の光路をたどり、投影光学系4を介してレチクル2に集光し、レチクル2上の透過部22を透過する。このとき、照明光はレチクル2上のパターン部21にケラレることなく全部の光束が透過部22を透過する。

【0017】図2bは、基準平面ミラー13の反射面が投影光学系4のピント面からずれた位置にある場合を示

している。同図において、レチクル2上の透過部22を通った照明光は投影光学系4を介して基準平面ミラー13の反射面上に達するが、基準平面ミラー13の反射面は投影光学系4のピント面にはないので、照明光は広がった光束として基準ミラー13の反射面で反射される。つまり、反射された照明光は往路と異なった光路をたどって投影光学系4を通り、レチクル2上に集光することなく基準平面ミラー13の反射面のピント面からのずれ量に対応した広がりを持った光束となってレチクル2に達する。この時、照明光はレチクル2上のパターン部21によって一部に光束がケラレを生じる。すなわち、基準平面ミラー13が投影光学系4のピント面に合致した時とそうでない時とでは、レチクル2を透過してTTLフォーカス系50の受光素子59に入射する光量に差が生じる。

【0018】投影光学系4のピント面の検出は、基準平面ミラー13の光軸方向の位置に対応したTTLフォーカス系50の出力信号から決定される。この例として、図3に示すようにピーク出力に対してある割合のスライスレベル220を設定して、このスライスレベル220の出力を示す計測値 Z_u と Z_m を知ることによって、ピント位置 $Z_i = (Z_u + Z_m) / 2$ として決定しても良いし、またはピーク位置を微分法を使って求める等の手法を用いても良い。

【0019】次に、図1の投影露光装置において、レチクル2の回路パターンをウエハ5に順次投影露光する場合の、露光光の照射に伴う投影光学系の光学特性の変化を補正する動作について説明する。

【0020】主制御部14は、まず、露光される回路パターンが描かれたレチクル2を不図示のレチクルカセットから搬送手段によってレチクルステージ3上に搬送しセットする。このとき、レチクル2を、レチクルステージ3上の不図示のマークに対して位置合せするとともに、レチクル2のデータ、例えばレチクル透過率やマーク位置等のレチクル2に関する情報を、レチクルデータ保存部16から主制御部14にロードする。次に、ウエハ5を不図示のウエハカセットからウエハ搬送系により搬送し、プリアライメントすなわちラフな位置合せを行った後、ウエハチャック6上に吸着する。そして、主制

$$\Delta F = \Delta F_1 + \Delta F_2$$

$$\Delta F_1 = SF \cdot QD \cdot Da \cdot DT$$

$$\Delta F_2 = -\Delta F' \cdot \exp(-k_f \cdot t)$$

ここで、SFは比例定数、QDは回路パターンを通過した光の総光量に対応するパラメータ、Daはレチクルデータ保存部16に保存されているレチクル毎の固有の補正係数、DTは計算の単位時間の間にシャッタが開いていた時間の割合、 k_f は投影光学系4の光学素子の熱伝導を表わすパラメータである。 $\Delta F'$ は1つ前の単位時間に計算された投影光学系4のピント位置の変化量であ

※50

* 御部は、各ショットの位置の情報を受け取り、この情報にしたがったグローバルアライメントによってステージ制御系9により各ショットの位置を制御する。

【0021】ウエハ5を最初のショット位置へ移動すると、ウエハ5表面の光軸15方向の高さをオートフォーカス系10、11によって計測して、投影光学系4のピント位置と一致するようにXYZステージ7を光軸15の方向に駆動してウエハ5のピント合せを行う。次に、照明系1から適正な露光量で露光し、投影光学系4を介してレチクル2の回路パターン像をウエハ5上に塗布された感光材中に形成する。第1ショットの露光が終了するとXYZステージ7を次のショット位置が露光位置に来るように移動し、1ショット目と同様にピント合せおよび露光を行う。このようにしてウエハ5のすべてのショットの露光が終了するとウエハ5を不図示の回収用のウエハカセットに回収し、次のウエハ5をウエハチャック6にセットし吸着する。

【0022】このような露光の際に、投影光学系4に入射する光エネルギーの一部が投影光学系4の光学素子に吸収され、光学素子の温度が上昇するために投影光学系4の光学特性は露光とともに変化する。主制御部14は、この光学特性の変化を光学特性予測部18によって予測し、その結果に応じてオートフォーカス制御部12に予測値に対応したオフセットを送り、ステージ制御部9によりウエハ5の表面が投影光学系4のピント位置に一定して一致するように制御している。主制御部14は、この変化量を計算するためのパラメータを取り込む。このパラメータは照明系1の不図示のシャッタの開閉時間、すなわち露光時間 t 、露光と露光の間の時間 t' 、照明系1の照明範囲、照度、レチクル2の透過率から計算される光量QD、レチクル毎の固有の係数Da等である。

【0023】光学特性予測部18では、これらのパラメータと装置固有に設定されている係数から、繰り返し露光が行われる間の光学特性の変化を予測する。この計算を投影光学系4のピント位置の変化 ΔF を例にとりて説明する。この計算には数1式を用いる。

【0024】

【数1】

①

②

③

※る。 ΔF_1 は投影光学系4の熱吸収による単位時間あたりのピント面の変化量、 ΔF_2 は投影光学系4の放熱による単位時間あたりのピント面の変動量である。さらに、 ΔF_2 を複数の項の線形結合として表わすことも可能である。

【0025】光学特性予測部18による計算は、単位時間毎に順次繰り返し行われ、この計算により得られる投

影光学系 4 のピント位置の変動量は、図 4 のように包絡線が自然対数の関数で表わせられる曲線を描いて変化していく。これに伴って、オートフォーカス系 10, 11 で計測されたウエハ 5 の光軸 15 方向の位置を、光学特性予測部 18 で計算された変動量と一致するように XYZ ステージ 7 を駆動することによって、ウエハ 5 が投影光学系 4 のピント面と合致する。

【0026】光学特性予測部 18 で計算されるピント面の変動量は、主制御系 14 に取り込まれるパラメータから計算される予測値であり、これらに誤差があると累積によって予測値と実際の変動量との間に誤差が生じ、良好な補正が行われない場合がある。特に、レチクル毎の回折光分布やパターン配置による影響が大きい。そこで、本実施例では、図 1 の TTL フォーカス系 50 により投影光学系 4 のピント面を測定し、数 1 ② 式のレチクル毎の補正係数 D_a を補正する。

【0027】次に、この補正について説明する。TTL フォーカス系 50 による計測は、図 2 および図 3 に示す *

$$D_a(\text{NEW}) = \{\alpha + \beta \cdot (\Delta F + F_a) / \Delta F\} \cdot D_a \quad \textcircled{1}$$

$$\alpha + \beta = 1 \quad \textcircled{2}$$

ここで、 ΔF が TTL フォーカス系 50 でピント位置を測定する直前の光学系予測部 18 で計算されたピント変動の予測値であり、前回の測定からの変化量に対応している。 F_a は予測値と TTL フォーカス系 50 で計測したピント面との差、 D_a は予測計算に使用していたレチクルの補正係数、 $D_a(\text{NEW})$ は補正係数変更部 17 によって変更された新しい係数であり、 α と β は数 2 ② 式を満足する定数で、 D_a が収束するように定められる。補正係数変更部 17 で変更された新しいレチクル補正係数 $D_a(\text{NEW})$ は、光学特性予測部 18 に送られ、以降はこの値を使用して数 1 式により予測計算が行われる。

【0030】以上の動作を繰り返して 1 ロット分の露光が終了すると、レチクル 2 は不図示のレチクルカセットに収納される。このとき同時に、光学特性予測部 18 で使用されていた最新の補正係数 D_a が、レチクル 2 に対応するデータとしてレチクルデータ保存部 16 に保存される。次に、同じレチクルを使用して露光が行われる場合は、最新の補正係数 D_a が使用される。

【0031】あるレチクルを初めて使用する場合は、レチクルの透過率分布や回折光分布による補正係数が不明であるため、初期値として $D_a = 1$ が設定される。また、レチクルが数回使用されると、 D_a が所定の値に収束する。このような場合には、光学特性予測部 18 で計算されるピント位置の変動量と、実際のピント位置の差が小さくなることが期待されるため、TTL フォーカス系 50 による計測回数を減らすことができ、スループットを上げることができる。例えば、1 ロットの露光前後での D_a の変化量が所定の値以下となったら、主制御部

* ような方法によって実施される。これは、ウエハ 1 枚毎、あるいは N 枚に 1 回のように設定してもよいが、予測された変動量が含む誤差は、変動量に比例することから、予測計算結果 ΔF が所定の数値を越えた場合に実施する。このような測定のタイミングの設定を行えば、変動が大きい場合は頻繁に測定し、ある程度変動が飽和した場合には測定の必要がないため、TTL フォーカス系 50 の計測による、スループットの低下を最小限に抑えることができる。例えば、 F_0 を計測のタイミングを決定する値として、前回の TTL フォーカス系の計測後からの予測値の変動 ΔF が、 $\Delta F > F_0$ となった場合に 1 度計測を行うようにする。

【0028】TTL フォーカス系 50 によって測定した結果が許容値よりも大きい場合には、補正係数変更部 17 によって補正係数の変更が行われる。この計算は数 2 式によって行われる。

【0029】

【数 2】

※ 14 の F_0 の数値を大きくすればよい。

【0032】なお、図 1 の装置においては、露光による投影光学系 4 のピント位置の変動を光学特性予測部 18 で予測し、この予測されたピント位置とウエハ 5 の表面が一致するように XYZ ステージ 7 を光軸 15 の方向に駆動していたが、投影光学系 4 の焦点距離を変更して、露光によるピント位置変化をキャンセルし、ピント面を常に一定な位置に維持するように調整機構で調整するような方法でもよい。焦点距離を変更する方法としては、例えば、投影光学系内の特定のレンズ間の屈折率をこの部分の圧力を調整して変更する方法が知られている。この例では、レンズ間の圧力とピント位置の関係があらかじめ求まっていて、露光によるピント変動の予測値 ΔF に応じて圧力を制御し、ピント位置を一定に維持する。

【0033】また、TTL で投影光学系 4 のピント位置を検出する方法としては、図 1 に示した方法のほかに、レチクル 2 の計測用のパターンに対して投影光学系 4 の縮小倍率比の大きさの相似形の透過部を有する受光部を XYZ ステージ 7 上に配置してもよい。この場合のピント位置の検出原理は図 3 で説明したものと同一である。

【0034】図 5 は、本発明の第 2 の実施例に係る投影露光装置の構成を示す図である。第 2 の実施例では、露光によって投影光学系の縮小倍率が変動した場合の補正方法について説明する。図 5 において、60 および 61 は TTL 方式のアライメント系であり、62 はそれらの計測値から位置ずれや縮小倍率誤差を計算するアライメント制御系である。41 は投影光学系 4 のフィールドレンズであり、フィールドレンズ制御部 42 からの指令に基づいて不図示の駆動機構によって光軸 15 方向に駆動

され、投影光学系4の縮小倍率を調整している。

【0035】投影光学系4の縮小倍率の測定法は、基準平面ミラー13上の一部に設けられた基準マークをXYZステージ7を移動させて、レチクル2上の異なる位置に設けられたマークを介してアライメント系60、61でそれぞれのレチクル2上のマークに対する基準マークの相対位置を検出する異なる2点の相対位置とこの2点間のXYZステージの座標とレチクル2のマークの座標から縮小倍率の誤差が検知できる。

【0036】露光を繰り返した場合の投影光学系4の縮小倍率の変動量は、光学特性予測部18において数1式と同様の数3式を用いて予測計算される。

【0037】

【数3】

$$\Delta B = \Delta B1 + \Delta B2$$

$$\Delta B1 = SB \cdot QD \cdot Db \cdot DT$$

$$\Delta B2 = -\Delta B' \cdot \exp(-k_R \cdot t)$$

ここで、SBは比例定数、Dbはレチクルデータ保存部16に保存されているレチクル固有の補正係数、DTは

$$Db(NEW) = \{\alpha + \beta \cdot (\Delta B + Ba) / \Delta B\} \cdot Db$$

ここで、 $\alpha + \beta = 1$ である。 ΔB はアライメント系60～62によって縮小倍率を計測する直前の予測値であり、Baはアライメント系60～62で測定した投影光学系4の縮小倍率である。測定のタイミングは、 ΔB が前回の測定直前の予測値から所定の値だけ変化する毎に1度測定するようにすれば、測定を必要最小限に抑えることができるため、最も効率的である。

【0040】なお、縮小倍率の調整法としては、図5で示したものの他に、投影光学系のレチクル側が非テレストリック系である場合は、レチクルを駆動させてレチクルと投影光学系の間隔を変化させる方法も有効である。また、所定のレンズ間の圧力を調整して縮小倍率を変化させる方法もある。

【0041】また、第1および第2の実施例では、ピント面の補正と縮小倍率の補正をそれぞれ単独で実施する例を示したが、両方とも補正するような構成も可能である。また、補正する光学特性はピント面と縮小倍率に限定されない。

【0042】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、露光を繰り返した場合に投影光学系が露光の一部を吸収して特性変化を起こした場合、レチクルの透過率分布や回折光分布の違いによる、レチクル毎の予測計算と実際の光学特性との誤差を補正することが可能である。その際、予測計算における補正係数をレチクル毎に保存し、使用するようにしたため、予測計算の精度を向上することができる。

* 計算の単位時間の間にシャッタが開いていた時間の割合、 k_R は投影光学系4の光学素子の熱伝導を表すパラメータである。 $\Delta B'$ は1つ前の単位時間に計算された投影光学系4の縮小倍率の変化量である。 $\Delta B1$ は投影光学系4の熱吸収による単位時間あたりの縮小倍率の変化量、 $\Delta B2$ は投影光学系4の放熱による単位時間あたりの変動量である。

【0038】光学特性予測部18によって計算された投影光学系4の縮小倍率の変化が所定の値を越えた場合、主制御部14は縮小倍率を調整して変動を補正するために、フィールドレンズ制御部42に指令を出してフィールドレンズ41を駆動させる。この場合も、レチクル2毎に透過率の分布や回折光分布が異なると予測計算に誤差が生じるために、所定のタイミングで投影光学系4の縮小倍率を測定して、補正係数Dbを順次変更することで予測計算の精度が向上できる。補正係数Dbは第1の実施例で示した数2①式と同様の数4式で求められる。

【0039】

【数4】

※【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施例に係る投影露光装置を示す概略構成図である。

【図2】 図1の装置におけるTTLフォーカス系の原理を示す図である。

【図3】 図1の装置におけるTTLフォーカス系の出力信号を示す図である。

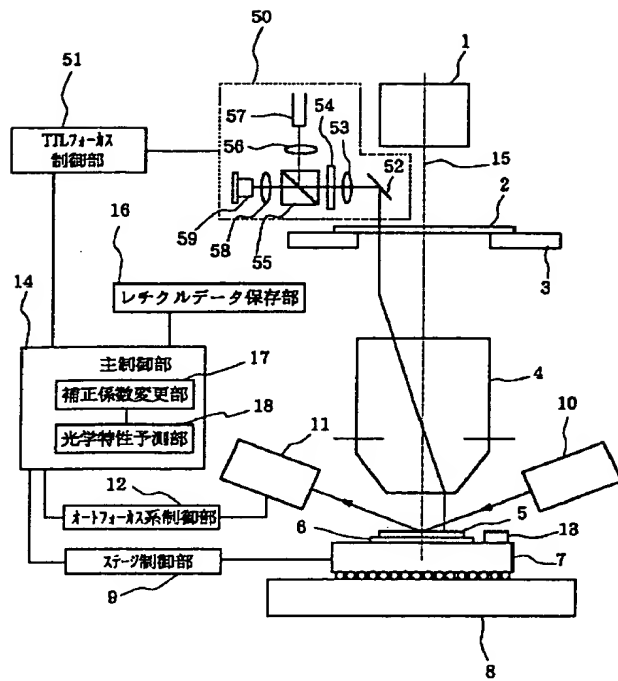
【図4】 図1の装置における露光によるフォーカス変動の予測計算結果を示す図である。

【図5】 本発明の第2の実施例に係る投影露光装置を示す概略構成図である。

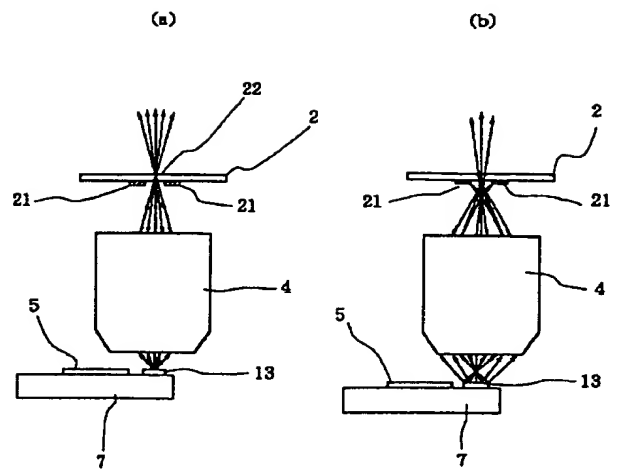
【符号の説明】

1：照明系、2：レチクル、3：レチクルステージ、4：投影光学系、5：ウエハ、6：ウエハチャック、7：XYZステージ、8：定盤、9：ステージ制御部、10、11：オートフォーカス検出系、12：オートフォーカス系制御部、13：基準平面ミラー、14：主制御部、15：光軸、16：レチクルデータ保存部、17：補正係数変更部、18：光学特性予測部、21：パターン部、22：透過部、41：フィールドレンズ、42：フィールドレンズ制御部、50：TTLフォーカス系、51：TTLフォーカス制御部、52：折り曲げミラー、53：対物レンズ、54： $\lambda/4$ 板、55：偏光ビームスプリッタ、56：レンズ、57：ファイバ、58：レンズ、59：受光素子、60、61：アライメント系、62：アライメント制御系、220：スライズレ

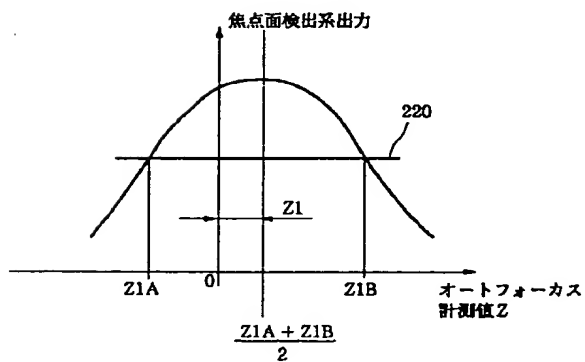
【図1】



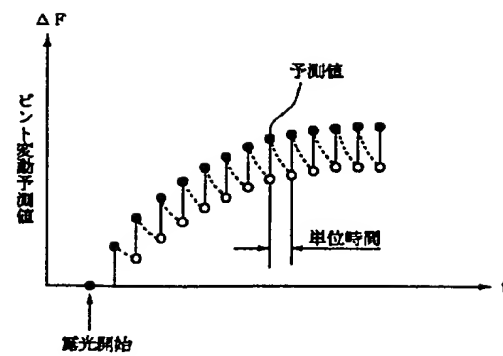
【図2】



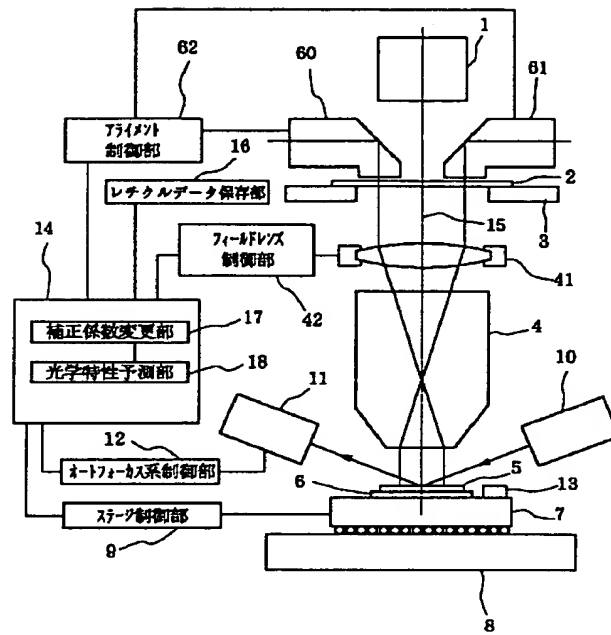
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 L 21/30

技術表示箇所

5 2 5 R